

# 개발도상국의 기후변화 취약성 실태와 기후변화 대응 과제

이희연 (환경대학원 교수)

## 1.서론

최근 기후변화가 심각하게 나타나면서 기후변화에 대응하기 위한 국제적 노력들이 그 어느 때보다도 더 활발하게 이루어지고 있다. 특히 개발도상국이 선진국에 비해 기후변화에 취약할 뿐만 아니라 향후 경제성장과 도시화가 진전될 것으로 예상되기 때문에 개발도상국의 기후변화 대응방안에 대한 연구가 더 더욱 필요하다.

기후변화에 대응하기 위해 국제사회는 선진국 뿐만 아니라 개발도상국의 온실가스 배출량 감축과 기후변화 적응을 위해서도 다각적인 방안을 모색하면서 문제 해결을 위해 노력하고 있다. 그중 선진국의 체계적인 기금 조달 및 집행을 위해 녹색기후기금(GCF: Green Climate Fund)이 설립되었고 2012년 말 한국은 GCF 사무국을 유치하는데 성공하였다. GCF 국제기구 유치로 인해 우리나라는 기후·환경 분야에서 글로벌 주도권을 선점하는데 유리한 위치를 차지하게 되었으며, 향후 개발도상국의 기후변화 대응을 지원할 수 있는 기

술 개발 및 이를 지원·보급할 수 있는 기회는 더욱 확대될 것으로 전망된다.

기후변화에 의한 지구의 평균 기온 상승은 해수면 상승과 강수량의 변화와 같이 환경에 직접적 영향을 미칠 뿐만 아니라 지역에 따라 수자원, 에너지, 농업, 식량, 보건, 생태계 부문 등을 포함하여 인간의 삶과 관련된 다양한 부문에 영향을 준다. 특히 홍수와 가뭄 피해는 도시화, 해안 지역 인구 집중, 토지이용 변화와 같은 현상에 의해 더욱 심화되고 있으며, 1980-2000년 홍수 재난 수는 230%, 홍수 피해자는 114% 증가했고 가뭄 재난 수는 38% 증가하였다(EM-DAT, 2011; UNISDR).

기후변화로 인한 사회·경제적 피해에 대한 연구들에 따르면, 기온이 2100년까지 산업화 이전보다 2.5°C 상승한다면 인간이 받는 기후변화로 인한 피해액은 매년 세계 GDP의 1~2% 정도, 4°C 상승하면 세계 GDP의 약 2~4% 정도가 될 것으로 추정하며(Aldy et al., 2010), 6°C 상승 시에는 GDP의 10.2% 정도까지 높아질 것으로 예상된다

(IPCC, 2007).

본 연구에서는 녹색기후기금을 통해 재정적 지원을 받게 되는 개발도상국, 특히 베트남을 대상으로 취약성의 실태를 살펴보고 향후 기후변화 대응을 위한 과제를 도출하고자 한다. 이를 통해 우리나라가 개발도상국 도시의 기후변화 대응을 위해 진출하는 경우 전략적인 방안에 대한 시사점을 제공하고자 한다. 본 연구에서는 2013년 9월 29일부터 10월 3일까지 하노이시를 방문해 현장답사와 베트남 기후변화 관련 중앙부처 담당자 및 전문가들과 인터뷰를 진행하였다.

## 2. 개발도상국의 기후변화 취약성 실태

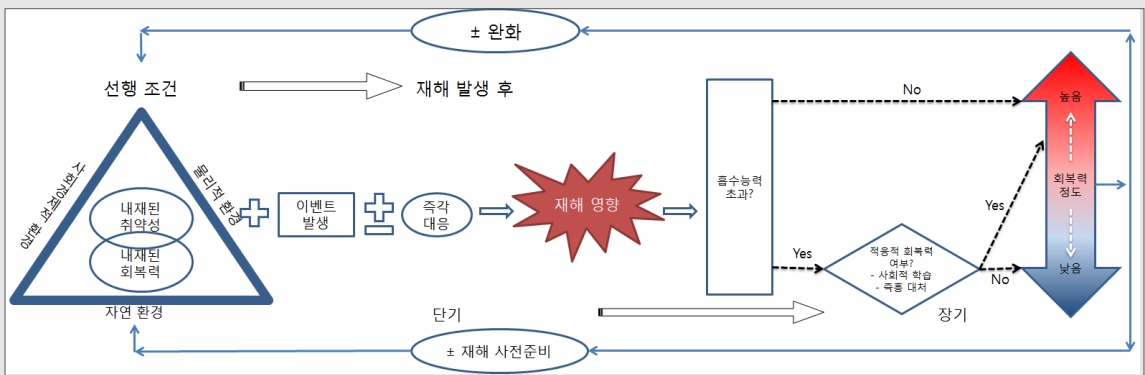
### 1) 취약성의 개념

취약성 개념은 1980년대 기후변화를 포함한 다양한 영역에서 사용되면서 그 의미도 매우 다양하다. 취약성은 크게 두 가지 측면에서 파악될 수 있다. 첫째, '생태·물리적 취약성'으로, 이는 외부 위험(hazard) 요소에 따른 부정적 영향을 말하며, 주로 기후변화와 재해의 강도 및 빈도에 대한 물

리적 노출이 원인이라고 본다. 둘째, '사회적 취약성'으로 이는 가구나 지역사회가 본래 가지고 있는 사회·경제적이고 정치적인 요인들을 종합한 선행적 상태(a priori state)를 의미하며, 특히 재해가 발생할 수 있는 사회 시스템의 내재된 속성이거나 질을 말한다. 즉, 동일한 외부 충격을 받더라도 피해 정도는 개인이나 장소(마을, 지역, 국가)별로 민감도에 따라 다르게 나타난다는 측면을 강조하고 있다(Adger, 2004; Cutter, 1996; Cutter et al., 2008a).

Cutter et al.(2008)가 제시한 DROP(the Disaster Resilience of Place)모델을 보면 기후변화에 따른 취약성과 적응력 및 회복력은 자기강화적이며 누적적인 관계를 나타낸다(그림 1참조). 이 모델은 사건 발생과 그에 대한 대응에서 재해의 영향을 흡수 또는 초과하는가의 피드백을 통해 완화와 준비가 다시 커뮤니티의 내재된 역량에 영향을 주는 일련의 관계를 보여준다.

취약성 평가를 위한 지표 개발에서는 Cutter et al.(2003)의 「사회취약성 종합지표」가 주로 사용되고 있으며, 국내에서는 한국정책평가연구원(2008)이 IPCC 기준과 국가 간 취약성 평가를 위한 Moss(2001)의 정의를 참고해 만든 취약성-회복력(Vulnerability-Resilience Indicator Pro-



출처: Cutter et al., 2008, p.602.

<그림 1> DROP(Disaster Resilience of Place) 모델

totype model, VRIP)지표를 활용해 국내 실정에 맞게 지표를 재선정하여 최종 33개의 취약성-회복력 지표(VRI)를 개발하였다.

일반적으로 취약성은 기후변화에 노출될 확률로써 생태·물리적 취약성과 민감도로써의 사회적 취약성을 통합하고 있다. 따라서 개발도상국의 기후변화 취약성 분석을 위해서는 개발도상국에 적합한 취약성 모델을 개발할 필요가 있다. 사회적 취약성은 국가수준 보다는 지역 커뮤니티와 같은 작은 공간 단위에서 보다 명확히 분석할 수 있기 때문에 장소에 기반한 취약성 모델 개발을 통해 재해에 대한 취약성 변화를 지속적으로 모니터링해야 한다.

## 2) 개발도상국의 취약성 현황

기후변화는 전 세계에 영향을 주지만 높은 소득 수준을 가진 선진국은 개발도상국에 비해 기후변화 대응 능력이 월등히 높기 때문에, 대응 역량이 낮은 개발도상국과 선진국 간 격차는 더욱 커질 가능성이 있다(World Bank, 2010). 개발도상국은 1차 자연자원에 의존하는 경제구조와 인구가 해안 근처에 집중적으로 분포하고 있어 많은 인구가 기상이변에 노출되어 있으나, 자연재해 방재를 위한 예산과 제도는 매우 제한적이다. 본 연구에서는 열대 기후, 긴 해안선, 급속한 산업성장으로 인해 세계에서 기후변화 취약성이 가장 높은 지역의 하나인 동남아시아를 대상으로 기후변화 취약성을 살펴보았다(표 2 참조). 동남아시아는 지난 수십 년 동안 가장 역동적인 성장을 보이는 지역이지만, 여전히 인구의 44% 이상이 하루 2달러 이하의 삶을 사는 가난한 지역이다. 최근 급속한 산업화를 경험하고 있으나 여전히 자연자원에 의존한 경제생활을 하고 있다. 때문에 농업과 임업은 동

표 1. 동남아시아 주요 부문별 기후변화 영향

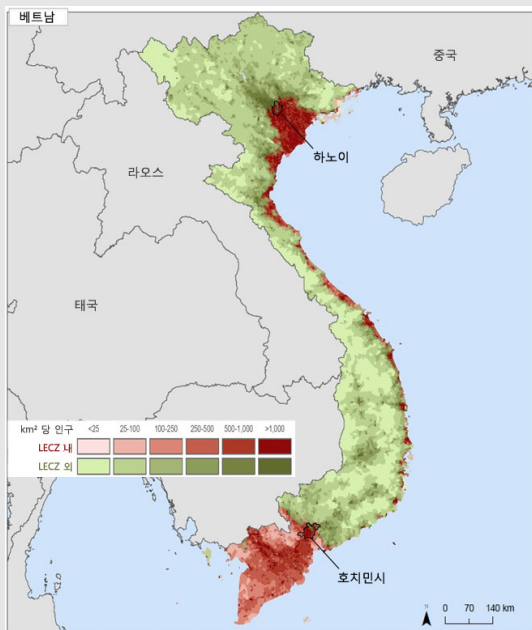
부문	기후변화	영향
수 자원	기온의 증가	- 수자원 저장고에서 증발량 증가 소비, 농업 관개, 수력 발전을 위한 수자원을 감소
	강수량의 변동성	- 강수량 감소는 수자원의 부족
	해수면 상승	- 염수 침투, 담수이용성을 감소
농업	기온의 증가	- 농작물 감소 - 가축의 죽음과 병충해의 발생
	강수량의 변동성	- 기상이변의 증가는 농작물 피해 - 농업패턴의 변화
	해수면 상승	- 해수면 증가로 인한 경작지 손실 - 농업용수의 염류화, 생산량 감소
임업	기온의 증가	- 산불의 범위와 빈도를 증가 - 산림자원 전염병과 질병감염 증가
	강수량의 변동성	- 묘목 성장에 영향 - 유역의 저하와 토양 침식
	해수면 상승	- 맹그로브 숲의 손실을 야기
해양과 해양 자원	기온의 증가	- 산호 탈색과 산호초의 황폐화
	강수량의 변동성	- 홍수로 인한 해안 토지 손실 - 해양 산업 손실, 홍수와 폭풍 피해
	해수면 상승	- 내륙으로의 염수 침입 가속화
보건	기온 증가, 강수량 변동성	- Dengue 발병 빈도와 범위 증가 - 질병으로 인한 사망자 발생
	해수면 상승	- 수인성 전염병의 확산

출처: Asian Development Bank(2009a)에서 재구성

남아시아에서 생계를 책임지는 중요한 부문이다.

특히 베트남은 해안선이 약 3,000km에 달하며, 1999년 이후 매년 인구가 평균 1.2%씩 성장하여 현재 8,872만명에 달한다. 베트남은 1990년대 연평균 7.6%의 고도 경제성장 이후, GDP가 2배 이상, 수출액이 3배 증가하는 등 신흥 경제 성장 국

가로 부상하고 있다. GDP에서 차지하는 비중이 2006년 기준 GDP의 11%를 차지하고, 농업과 임업 부문의 노동력은 전체 노동력의 45% 이상을 차지하고 있다(ADB, 2009). 해안 대도시지역에 인구가 집중되어 있기 때문에 해수면 상승, 태풍, 홍수 등의 기상이변에 취약성이 매우 높은 국가이다. 베트남의 해수면 상승은 IPCC 4차 보고서에서 예측한 평균 해수면 상승 높이인 0.59m 보다도 높게 나타나며, 실제로 해안 저지대선(LECZ, Low Elevation Coastal Zone) 이하 지역에 인구밀도가 매우 높게 나타나 하노이 및 메콩강 삼각주 지역들을 포함한 주요 해안 저지대 지역은 연안침수의 재해위험도가 가장 높게 나타난다



<그림 2> 베트남 인구밀도 및 해안침수 위험지역<sup>1)</sup>

베트남의 기후변화 관련 전문가 및 공무원과 인터뷰를 진행한 결과 베트남이 직면한 기후변화의 실질적 문제점은 기온상승으로 인한 해안선 상승 및 홍수로 인한 침수문제가 첫 번째 대응 과제였으며, 이를 위한 실태파악 및 후속 연구를 위해 공간정보 구축을 필요로 했다. 그러나 베트남은 현재 지형도 전산화가 약 60%정도 구축되어 있을 뿐 토지정보시스템이 아직 구축되어 있지 못했다. 이러한 여건을 고려할 때, 베트남의 기후변화 대응을 위한 우리나라의 기술력과 도움을 매우 요구하고 있다.

표 2. 베트남 기후변화 전문가 인터뷰결과

기 관	내 용
토지 행정청	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 베트남 전국에 해당하는 토지정보 시스템(LIS) 구축계획안을 현재 입안 중</li> <li>- 기후변화와 관련된 정보를 수집하지 못함</li> <li>- GCF 기금으로 한국의 기술이전 희망</li> </ul>
기후 변화 관리국	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 베트남은 기후변화 취약성에서 해안가 연안침수가 가장 큰 문제로 지적</li> <li>- 온실가스 측량, 보고, 평가를 위한 공간정보 및 관리시스템 필요</li> <li>- 해안선 상승 및 연안침수에 대한 문제에 기술지원을 한국에 도움 요청</li> </ul>
환경과 지속 가능 개발계획 협회	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2010년 이후 베트남에서도 처음으로 기후변화와 관련된 연구보고서 작성</li> <li>- 도시 외곽에 대규모 주택단지 건설, 농지가 주거 및 상업 용도로 전환</li> <li>- 개발을 목적으로 토지전용문제도 심각하지만 재원부족으로 베트남 내에서 사회적 관심을 받고 있지는 못함</li> <li>- 중부지방 '투이호아(Tuy Hoa)', 남부지방 '락자(Rach Gia)'가 기후변화에 취약</li> </ul>
베트남 코이카	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 베트남 정부의 녹색성장(Green Growth) 전략에 한국이 ODA로 지원</li> <li>- ODA는 상하수도 및 인프라 건설 사업 주 도에서 점차 환경관련 사업으로 전환</li> </ul>

1) 해안선 상승 및 연안침수 위험에 노출된 해안저지대 LECZ(10m Low Elevation Coastal Zone)를 나타낸 지도로 붉은 색이 침수위험 지역이고 색이 진해질수록 km² 당 인구밀도가 높은 지역임(2000년 기준). CIESIN, Population density within and outside of a LECZ, Columbia University, 2007

### 3. 개발도상국의 기후변화 대응을 위한 과제

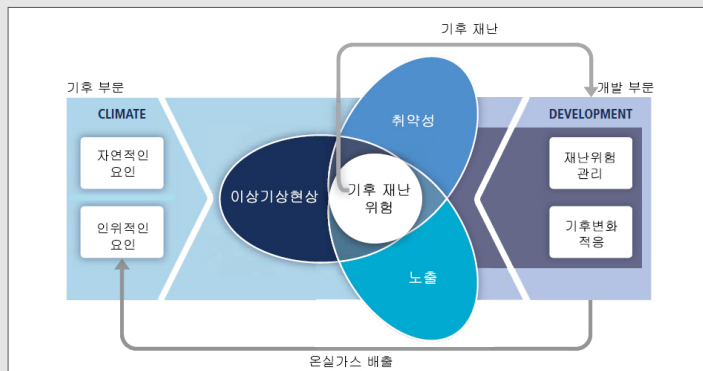
#### 1) 개발-완화-적응의 통합적 접근

UNFCCC에서 제시하는 기후변화 대응방안으로 는 직접적으로 온실가스 배출을 제한하고 흡수원을 증가시키는 완화(mitigation)와 현재 또는 미래에 발생할 수 있는 취약성을 감소시키고 회복력을 증진시키는 적응(adaptation)의 두 가지 접근방법이 있다. 그러나 완화-적응의 보완적 관계에도 실제 국제사회 움직임은 각 입장에 따라 다르다. 온실가스 감축의무가 있는 선진국은 배출권 거래 및 해외 CDM사업을 통해 감축 목표량을 달성하기 위해 완화에 더 치중하고 있는 반면, 실질적 수요자인 개발도상국은 직접적 감축보다는 현재 벌어지고 있는 재해에 대처하고 미래의 국토개발수요를 고려해 적응부문에 대한 원조가 이루어지길 원하고 있어 수요와 공급이 불일치되고 있는 것이 현실이다.

완화와 적응의 문제는 결국 개발지향적인 국가에서 상충되는 목적으로 받아들여질 수 있다. 개

발수요가 높은 개발도상국에서 탄소배출에 대한 규제와 기후변화 피해는 개발도상국이 가진 경제개발의 성과를 상쇄시킬 수 있는 중대한 문제를 가질 수 있기 때문에 선진국과 달리 무조건적인 온실가스 감축 전략이 아닌 개발과 완화를 동시에 추구할 수 있는 통합적 전략을 필요로 한다(그림 3 참조). 그러나 향후 기후변화에 따른 영향력과 피해규모를 고려하지 않은 경제개발전략 역시 국가의 지속가능한 발전과 양립할 수 없다. 때문에 온실가스 완화 잠재력이 높은 부문과 경제개발 잠재력이 높은 부문을 동시에 고려한 한계비용편익 분석, 온실가스 발생량을 완화할 수 있는 도시 및 교통 인프라의 설계 등이 개발도상국이 경제개발과 완화를 조화시키기 위한 방안으로 거론되고 있다.

베트남의 하노이시 현지 방문과 관련 담당자들과의 인터뷰를 통해 기후변화의 완화부문에서 “개발과 완화”의 상충성을 어떻게 통합적으로 접근하여야 하는가에 대한 연구가 절실히 요구된다. 급격한 경제개발로 인해 도시 인프라가 적절히 공급되지 않은 상태에서 도시 외곽의 대규모 토지전용은 많은 환경적·사회적 비용을 증가시킬 것으로 예상된다. 특히 대부분의 산지전용은 열대우림의



출처: IPCC, Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation, 2011.

<그림 3> 온실가스 배출이 기후변화 대응 관계

1차 산림(primary forests)에서 급속히 발생되어 장기적으로는 온실가스 흡수 및 저장 기능으로서의 역할을 할 수 없어 기후변화 취약성을 가중시킬 수 있다. 이와 같은 토지전용에 대비하고자 공간정보시스템을 통해 생태 보존가치가 높은 산림이나 보호구역을 설정하여 관리하고, 발전된 농업 기술을 통해 농업 산출량을 증가시키는 방법 등은 개발도상국이 가진 완화와 개발의 2가지 측면에서 모두 긍정적인 방안으로 고려될 수 있다.

또한 적응부문에서는 지속적 대응을 위한 재해 관리시스템을 필요로 한다. 가장 큰 문제로 지적된 해수면 상승과 위험기상현상에 대응하기 위해 침수지도작성과 예보기술을 적용하기 위해 공간정보 구축이 필수적이다. 기후변화 추세를 반영하여 향후 20년 빈도의 홍수범람구역을 추정하고 강 주변 도시지역에 대해 제방과 댐을 쌓는 등 홍수방지기획 수립에 큰 역할을 할 수 있다. 그러나 기후변화 관련 사업들의 50% 이상이 주로 세계은행과 같은 외국의 지원 자금을 대한 의존도가 높아 재원과 역량이 부족한 개발도상국에서는 단순히 주민들을 이주시키는 1차적 대안에도 어려움을 겪고 있다.

## 2) 도시 차원에서의 기후변화 완화 방안

도시형태와 도시구조는 온실가스 배출에 상당히 영향을 미치고 있는데, 이는 도시형태와 도시구조에 따라 사람들의 에너지 사용패턴이 크게 영향받기 때문이다. 도시의 외연적 확산에 따른 교통 에너지 소비로 인한 온실가스 배출문제는 도시를 어떻게 성장관리할 것인가에 대한 과제를 던지고 있다. 현재 개발도상국에서는 도시 스프롤 현상이 급격히 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다(World Bank, 2010). 선진국과는 달리 일부 대도시에 인구와 자본이 집중된 개발도상국의 경우 도

시 경계를 둘러싼 주변외곽에빈곤층이 집단적으로 거주하는 무허가 슬럼지구가 증가하고 있어 기후변화에 대한 취약성을 높이는 원인이 되고 있다.

개발도상국의 교외화 현상이 문제를 가중시키는 이유는 선진국과 달리 인구밀도가 높아도 도시내 교통이 원활하지 못해 비효율적인 도시형태를 가지기 때문이다. 밀도와 도시형태는 별개의 문제로 높은 인구밀도가 지역 간 연결성을 증대시키는 것은 결코 아니므로 개발도상국에서는 에너지 효율적인 공간구조를 형성하여야 한다(표 3 참조). 더 나아가 무분별한 비도시지역의 산림 및 농지를 전용하여 상·공업용 토지로의 활용도 개발도상국에서 온실가스 배출량 증가의 원인이 되고 있다.



<그림 4> 하노이 외곽에 토지전용 사례

표 3. 도시 공간구조를 통한 기후변화 완화 방안

완화 부문	설 명
도시 확장, 비공식 주거지 및 교외 개발	- 기존 시가지가 확장된 지구에서의 에너지 사용을 줄이기 위해 토지이용 계획·설계 정책을 적용
시가지(기 개발지) 재활용	- 오래된 산업지구 혹은 기타 황폐한 지구를 새롭게 재개발하여 고밀도, 혼합이용 개발을 촉진하고 도시 내 에너지 사용을 줄여야 함
근린지구 소규모 도시 재생	- 기성 시가지의 주거용량을 최대한 활용하고 근린지구의 재개발을 통해 도시 내 에너지 사용을 줄임

출처: UN Habitat, cities & climate change, 2011, p. 95.



## 4. 결론

기후변화에 대한 국제사회의 초점이 기후변화 현상을 완화하기 위한 온실가스 감축에 초점이 맞추어져 있었기 때문에 기후변화협약을 통해 구성된 기금들은 개발도상국의 기후변화 적응 보다는 온실가스 배출 완화를 위해 더 많은 재원이 집중되어 왔다. 그러나 개발도상국의 경우 기후변화의 부정적 영향이 두드러지자 “적응으로의 전환(adaptation turn)”이 수용되면서 개발도상국의 기후변화 취약성 분석 및 효과적인 적응 전략을 수립하는 것이 시급한 과제로 부상되고 있다.

완화와 적응의 균형문제를 해소하기 위한 국제적 노력으로 녹색기후기금은 수혜국인 개발도상국의 권한과 입지를 높여 이제까지 공여국 중심으로 운영되어왔던 지구환경기금(GEF)보다 훨씬 더 주도적으로 사업을 추진할 수 있도록 지원한다. 즉, 기후변화 대응을 위한 재원이 필요한 국가들이 직접 접근해 연관 기구들과 이해당사자들의 효율적인 개입을 통해 국가 수준의 참여를 촉진시키는 방식을 택해 보다 다양한 방면에서 기후변화와 관련된 사업추진을 빠르게 진행시킬 수 있게 되었다.

향후 베트남은 기후변화에 대비해 장기적으로 녹색성장(Green Growth) 전략의 구체적인 실천 계획(Action Plan)과 재해 및 통합적 국토관리를 위해 국가공간정보인프라(NSDI) 구축 등 개발과 완화의 상충되는 목표를 해결하고자 노력하고 있다. 이러한 배경 하에서 우리나라는 개발도상국의 기후변화 대응을 위한 도시 공간구조 분석 및 그에 따른 맞춤형 온실가스 배출 저감 전략을 수립하는데 도움을 줄 수 있는 도시 공간구조 및 도시 개발에 대한 노하우를 지닌 전문가 양성이 향후 도시지리학 분야에 블루오션이 될 수 있을 것이다.

## 〈참고문헌〉

한국환경정책평가연구원, 2008, 「기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안」.

Adger, W. N., 2004, New indicators of vulnerability and adaptive capacity, Tyndall Centre for Climate Change research.

Asian Development Bank, 2009, “The Economics of Climate Change in Southeast Asia: A Regional Review,” Metro Manila, Philippines.

CRED (centre for research on the epidemiology of disaster), International Disaster Database (EM-DAT), <http://www.emdat.be/database>

Cutter, S.L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E. and Webb, J., 2008, “A place-based model for understanding community resilience to natural disasters”, Global Environmental Change, 18.

IPCC, 2007, “Climate Change 2007: Impact, Adaptation and Vulnerability, Fourth Assessment Report”, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

World Bank, 2010, ‘Monitoring Climate Finance and ODA’, Issues Brief #1.

-----, 2010, “World Development Report: Development and Climate Change,” Washington, D. C., USA.

(이 연구는 ‘기후변화대응을 위한 공간정보 활용방향 연구’ 프로젝트 일부 내용을 요약한 것임.)